

DE 101004/003743  
**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

13. 05. 2004



**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

REC'D 26 MAY 2004

WIPO PCT

**Aktenzeichen:** 103 17 160.6

**Anmeldetag:** 14. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Wacker Construction Equipment AG,  
80809 München

**Bezeichnung:** System und Verfahren zur automatisierten Boden-  
verdichtung

**IPC:** E 02 D 3/02

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 20. April 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

Faust

**MÜLLER · HOFFMANN & PARTNER - PATENTANWÄLTE**

European Patent Attorneys - European Trademark Attorneys

Innere Wiener Strasse 17  
D-81667 München

Anwaltsakte: 54.822

Ho/kx

Anmelderzeichen: WW\_AZ\_0000194

14.04.2003

**Wacker Construction Equipment AG**

Preußenstraße 41

80809 München

---

**System und Verfahren zur  
automatisierten Bodenverdichtung**

---

**Beschreibung**

1 Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung.

Aus der DE 100 53 446 A1 ist eine fahrbare Bodenverdichtungsvorrichtung mit

5 Fahrtrichtungsstabilisierung bekannt. Die Vorrichtung weist eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen der tatsächlichen Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung auf. Die tatsächliche Fahrbewegung wird mit einem vom Bediener vorgegebenen Sollwert verglichen. Eventuelle Abweichungen z. B. aufgrund von Störungen werden automatisch durch eine Fahrtregelungseinrichtung korrigiert. Dadurch folgt die Bodenverdichtungsvorrichtung, z. B. eine Vibrationsplatte oder eine Walze, stabil einem vom Bediener vorgegebenen Fahrweg.

Durch die Fahrtrichtungsstabilisierung kann der Bediener bereits deutlich bei

15 seiner Arbeit entlastet werden. Insbesondere kurze, stochastische Störungen der Fahrt der Bodenverdichtungsvorrichtung (hier: eine Vibrationsplatte) werden automatisch ausgeregelt, so dass der Bediener keine Gegenmaßnahmen ergreifen muss, wenn die Bodenverdichtungsvorrichtung kurzzeitig von dem vorgegebenen Kurs abweicht. Jedoch erfordert insbesondere das Verdichten größerer Flächen

20 vom Bediener nach wie vor erhöhte Konzentration, um die Bodenverdichtungsvorrichtung in einer sinnvollen Weise zu fahren und um sicherzustellen, dass die Fläche vollständig verdichtet wird. Aufgrund der relativ langsamen Fortbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung kann diese Arbeit anstrengend und ermüdend sein. Daher ist es wünschenswert, den Bedienungskomfort zusätzlich

25 zu verbessern.

Aus der US-A-6,113,309 ist eine aus mehreren Walzenbandagen bestehende Walzvorrichtung bekannt, die automatisch eine vorgegebene Strecke nachfährt und dadurch den Boden verdichtet. Die Vorgabe der Verdichtungsstrecke erfolgt

30 entweder durch mechanische Einrichtungen, z. B. durch Markierungen auf dem zu verdichtenden Boden, oder durch GPS-Daten, die vorher beim Ausbringen des zu verdichtenden Asphalt erfasst wurden. Das Ziel der beschriebenen Lösung besteht darin, die Walzvorrichtung möglichst exakt an der Seitenkante des Asphalt entlangfahren zu lassen, um eine gleichmäßige Verdichtung zu erreichen.

1 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bodenverdichtungssystem und ein zugehöriges Verfahren anzugeben, mit dem die Bedienbarkeit und der Bedienungskomfort sowie die Wirtschaftlichkeit einer Bodenverdichtungsvorrichtung weiter verbessert werden können.

5 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bodenverdichtungssystem gemäß Anspruch 1 sowie durch Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung gemäß den Ansprüchen 27 und 28 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

10 Erfindungsgemäß ist das Bodenverdichtungssystem mit einer fahr- und lenkbaren Bodenverdichtungsvorrichtung, z. B. einer Vibrationsplatte oder einer Walze, und einer Steuervorrichtung ausgestattet, wobei die Steuervorrichtung eine Flächendefinitionseinrichtung, eine Positionserfassungseinrichtung und einen

15 Fahrtgeber aufweist. Die Flächendefinitionseinrichtung dient zum Festlegen einer zu verdichtenden Fläche sowie der zugehörigen Flächengrenzen durch den Bediener. Der Bediener hat somit die Möglichkeit, Angaben zu der zu verdichtenen Fläche in das Bodenverdichtungssystem einzugeben, oder dem System die Flächengrenzen anderweitig mitzuteilen.

20 Die Positionserfassungseinrichtung dient zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung, wobei es wenigstens möglich sein muss, die Position der Bodenverdichtungsvorrichtung in der Nähe der Flächengrenzen, also bei Annäherung an die jeweiligen Flächengrenzen zu erfassen.

25 Mit dem Fahrtgeber schließlich kann die Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvorrichtung geändert werden. Dazu wird der Bodenverdichtungsvorrichtung ein Sollwert für eine Fahrbewegung vom Fahrtgeber derart vorgegeben, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung die jeweilige Flächengrenze nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche ihre Fahrt fortsetzt. Wenn somit die Bodenverdichtungsvorrichtung sich einer jeweiligen Flächengrenze annähert, und die Gefahr besteht, dass sie bei unverändert fortgeführter Fahrt die Flächengrenze überfahren würde, kann der Fahrtgeber durch Ändern der Fahrtrichtung die entsprechenden Maßnahmen einleiten, um ein Überfahren der Flächengrenze zu verhindern.

30 Der Fahrtgeber kann dazu verschiedenen Regeln unterworfen sein, die später noch erläutert werden.

35

- 1 Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Positionserfassungseinrichtung wenigstens zum Erfassen einer Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an eine der Flächengrenzen ausgebildet, wobei die Fahrtrichtung durch den Fahrtgeber änderbar ist, wenn die Positionserfassungseinrichtung eine Annäherung an die Flächengrenze feststellt.
- 5

Dadurch, dass die Positionserfassungseinrichtung lediglich eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an eine Flächengrenze feststellen muss, nicht jedoch permanent die tatsächliche Position der Bodenverdichtungsvorrichtung

- 10 innerhalb der gesamten Fläche, kann die Positionserfassungseinrichtung vergleichsweise einfach und damit preiswert ausgeführt werden. Nur bei Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an die jeweilige Flächengrenze, z. B. bei Unterschreiten eines vorgegebenen Abstandswerts von einem Meter, muss die Positionserfassungseinrichtung dann ein Signal abgeben.
- 15

Dieses Signal wird von dem Fahrtgeber empfangen, der daraufhin Maßnahmen zur Änderung der Fahrtrichtung einleitet, um ein Überfahren der Flächengrenze zu vermeiden.

- 20 Die Flächendefinitionseinrichtung kann eine Definition der Flächengrenzen mit Hilfe von mechanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Mitteln ermöglichen. Besonders einfach ist z. B. eine Kennzeichnung der Flächengrenzen mit Hilfe eines gespannten Drahtes, der von der Bodenverdichtungsvorrichtung nicht überfahren werden darf. Eine als Positionserfassungseinrichtung dienende Antenne oder ein geeigneter Fühler kann eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an den Draht feststellen und das erforderliche Annäherungssignal an den Fahrtgeber übermitteln.
- 30

Alternativ dazu lassen sich die Flächengrenzen z. B. auch durch aufgesprühte

- Farbmarkierungen oder Laserstrahlen definieren, wobei die Positionserfassungseinrichtung optische Mittel (Fotodetektoren, Kameras, o. Ä.) aufweist, um die optischen Signale auszuwerten.

- 35 Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Fahrtgeber eine Änderung der Fahrtrichtung zur ursprünglichen Fahrtrichtung mit einem vorgegebenen, während des gesamten Verdichtungsvorgangs konstanten Winkel bewirkt. Das bedeutet, dass die Vibrationsplatte bei Erreichen einer Flächengrenze jeweils mit dem vorgege-

- 1 benen Winkel nach links oder rechts abbiegt und die Fahrt dann in Geradeausrichtung fortführt. Dabei ist selbstverständlich sicherzustellen, dass die Abbiegerichtung nicht so gewählt wird, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung nach dem Abbiegen weiterhin das Bestreben hat, die sich in ihrer Nähe befindliche
- 5 Flächengrenze zu überfahren. Es kann daher besonders vorteilhaft sein, wenn der Änderungswinkel ein spitzer Winkel kleiner als  $90^\circ$  ist, so dass die Bodenverdichtungsvorrichtung mit spitzem Winkel von der Flächengrenze "reflektiert" wird.
- 10 Alternativ dazu ist es bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung möglich, dass sich der "Abbiegewinkel" jeweils ändert und nach dem Zufallsprinzip - oder aus einer vorgegebenen Tabelle - durch den Fahrtgeber ausgewählt wird.

Diese Maßnahmen sind geeignet, ein zufälliges Überfahren der zu verdichtenden Fläche durch die Bodenverdichtungsvorrichtung zu gewährleisten. Im Laufe der Zeit ist es dadurch möglich, nahezu die gesamte Fläche vollständig zu überfahren. Sofern gegen Ende des Verdichtungsprozesses einzelne Bodenbereiche noch nicht überfahren und somit verdichtet worden sind, kann der Bediener nachfolgend manuell eingreifen und diese Flächen gezielt verdichten.

- 20
- Bei einer anderen, besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist eine Wegplanungseinrichtung zum Festlegen einer Vorgabe für einen Fahrweg (Kurs) aufgrund der festgelegten Fläche vorgesehen, wobei die Bodenverdichtungsvorrichtung bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche wenigstens einmal vollständig überfährt.

Das bedeutet, dass aufgrund der in der Flächendefinitionseinrichtung gespeicherten Angaben zu der zu verdichtenden Fläche und der zugehörigen Flächengrenzen ein Fahrweg geplant werden kann, dem die Bodenverdichtungsvorrichtung folgen muss, um die zu verdichtende Fläche zu überfahren. Die Fahrwegsplanung kann mit Rechnerunterstützung automatisiert durchgeführt werden, wobei auch die Breite der Bodenverdichtungsvorrichtung berücksichtigt wird. Gerade bei einfach geschnittenen Flächen jedoch ist es auch möglich, die Fahrwegsplanung dem Bediener zu überlassen. Er muss lediglich - z. B. durch

- 30
- 35

Einzeichnen des Fahrwegs in eine auf einem Bildschirm dargestellte Fläche - die Fahrwegskoordinaten vorgeben.

- 1 Vorteilhafterweise ist die Positionserfassungseinrichtung zum ständigen Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung innerhalb der Flächengrenzen ausgebildet. Das bedeutet, dass die Positionserfassungseinrichtung stets die genaue Position - ggf. sogar die Fahrtrichtung - der Bodenverdichtungsvorrichtung kennt.
- 5

Bei dieser Ausführungsform ist der Fahrtgeber derart ausgebildet, dass er aufgrund eines Vergleichs der von der Positionserfassungseinrichtung übermittelten aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung mit der von der Wagnisle

10 nungseinrichtung gegebenen Fahrwegsvorgabe einen Sollwert für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung bestimmt. Dieser Sollwert wird derart gewählt, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung der Fahrwegsvorgabe folgt.

Bei dieser besonders vorteilhaften Ausführungsform ist es somit möglich, nach

15 Eingabe der Koordinaten der zu verdichtenden Fläche einen Fahrweg festzulegen, dem die Bodenverdichtungsvorrichtung automatisch folgt. Der Fahrtgeber stellt sicher, dass die Position der Bodenverdichtungsvorrichtung nicht von dem vorgegebenen Fahrweg abweicht. Vielmehr kann der Fahrtgeber durch Beeinflussung der Antriebe der Bodenverdichtungsvorrichtung, insbesondere von Vorschub und Lenkung gewährleisten, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung den vorgegebenen Weg nachfährt.

20

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Flächendefinitionseinrichtung eine Koordinatenerfassungseinrichtung zum Bestimmen von absoluten geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen Aufenthaltsortes auf. Weiterhin ist ein Speicher mit geografischen Ortsinformationen zu dem Bereich der zu verdichtenden Fläche mit der Flächendefinitionseinrichtung gekoppelt.

30 Damit ermöglicht es die Flächendefinitionseinrichtung, erforderliche Ortsinformationen zu dem Gebiet, in dem sich die zu verdichtende Fläche befindet, bereitzustellen und gegebenenfalls dem Bediener zu präsentieren. Zum Beispiel kann die Flächendefinitionseinrichtung mit Hilfe eines GPS-Empfängers ihren Aufenthaltsort bestimmen und aus einem magnetooptischen Speichermedium (CD-ROM, DVD-ROM) zugehörige Ortsdaten auslesen und dem Bediener auf einem Display anzeigen. Für den Bediener ist es dann einfach möglich, auf dem Bildschirm die nötigen Vorgaben zur Definition der zu verdichtenden Fläche ein-

35

1 zugeben. Dazu ist es vorteilhaft, wenn die Flächengrenzen durch absolute Ortskoordinaten definierbar sind.

Die Definition der Flächengrenzen durch absolute Ortskoordinaten ist auch besonders dann zweckmäßig, wenn auch die Positionserfassungseinrichtung die absoluten Ortskoordinaten der Bodenverdichtungsvorrichtung bestimmt. Die jeweils vorliegenden Koordinaten lassen sich dann in geeigneter Weise in Einklang bringen.

10 Die Fahrwegsvorgabe wiederum kann durch die Wegplanungseinrichtung in Form von absoluten oder relativen geografischen Ortskoordinaten definiert werden. Relative geografische Ortskoordinaten haben den Vorteil, dass - ausgehend von einem Referenzpunkt - auch Relativangaben (Winkel, Richtungen, Himmelsrichtungen, Fahrstrecken) ausreichen, um den Fahrweg zu definieren.

15

Sofern die Wegplanung automatisiert erfolgen soll, ist es zweckmäßig, wenn die Wegplanungseinrichtung mathematische Algorithmen zur weg- und/oder zeitoptimierten Wegplanung aufweist. Aufgrund der Tatsache, dass bei der Fahrt einer Bodenverdichtungsvorrichtung ohnehin gewisse Toleranzen auftreten, sind die 20 Anforderungen an die Optimierungsalgorithmen nicht sehr hoch zu stellen. So kann es für die meisten Fälle ausreichen, wenn die Algorithmen ein Hin- und Herfahren der Bodenverdichtungsvorrichtung oder einen mäander- bzw. spiralförmigen Fahrweg planen.

25 Besonders vorteilhaft ist es, wenn wenigstens ein Teil der Komponenten der Steuervorrichtung, insbesondere die Flächendefinitionseinrichtung, der Fahrtgeber oder die Wegplanungseinrichtung räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung angeordnet sind. Die Bodenverdichtungsvorrichtung ist naturgemäß stark schwingungsbehaftet. Sofern die genannten Komponenten nicht auf 30 der Bodenverdichtungsvorrichtung selbst, sondern räumlich davon getrennt aufgestellt werden können, lassen sich auch empfindlichere elektronische Bauteile verwenden, die beim Einsatz nahe eines Schwingungserregers der Bodenverdichtungsvorrichtung schnell Schaden nehmen würden.

35 Zur Übermittlung der erforderlichen Daten zwischen den Komponenten, insbesondere zwischen dem Fahrtgeber und der Bodenverdichtungsvorrichtung, kann vorteilhafterweise eine Funk-, Laser- oder Infrarotstrecke eingesetzt werden.

1 Darüber sollte wenigstens der Sollwert vom Fahrtgeber übermittelt werden.

5 Besonders vorteilhaft ist es, wenn darüber hinaus eine Eingabeeinrichtung zum manuellen Verändern des von dem Fahrtgeber vorgegebenen Sollwerts vorgesehen ist. Damit hat der Bediener die Möglichkeit, z. B. wenn Gefahr im Verzug ist, die automatische Steuerung der Bodenverdichtungsvorrichtung durch manuellen Eingriff außer Kraft zu setzen, so dass die Bodenverdichtungsvorrichtung lediglich den manuellen Befehlen gehorcht.

10 Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Positionserfassungseinrichtung mit einem - ggf. räumlich von der Bodenverdichtungsvorrichtung getrennt vorgesehenen - Speicher gekoppelt, um Daten zu den jeweils von der Bodenverdichtungsvorrichtung erreichten Positionen zu speichern. Diese Daten können z. B. absolute geografische Ortskoordinaten sein.

15 Die gespeicherten Daten lassen sich z. B. an eine Auswerteeinrichtung übergeben, die unter Berücksichtigung der Daten der Flächendefinitionseinrichtung z. B. in grafischer Weise den Verdichtungserfolg darstellt. Dazu können durch die Auswerteeinrichtung auf einem Display die vorgegebenen Flächengrenzen dargestellt sowie die von der Bodenverdichtungsvorrichtung zum jeweiligen Zeitpunkt bereits verdichtete Fläche angezeigt werden. Dadurch ist es für den Bediener sehr einfach festzustellen, ob die Bodenverdichtungsvorrichtung die vorgegebene Fläche in der gewünschten Weise überfahren und verdichtet hat. Bei der grafischen Anzeige kann selbstverständlich auch die Breite der Bodenverdichtungsvorrichtung und damit die Breite der jeweils verdichteten Spur Berücksichtigung finden.

30 Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung nutzt das Bodenverdichtungssystem eine Bodenverdichtungsvorrichtung, wie sie z. B. aus der DE 100 53 446 A1 bekannt ist. Wie bereits oben ausgeführt, weist eine derartige Bodenverdichtungsvorrichtung eine Fahrtrichtungsstabilisierung auf, die es ermöglicht, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung exakt dem von einem Bediener vorgegebenen Weg folgt.

35 Dazu weist die Bodenverdichtungsvorrichtung einen z. B. einen Schwingungserreger umfassenden Fahrantrieb zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung, eine Lenkeinrichtung zum Erzeugen eines Giermoments um eine Hochachse der Bo-

- 1 denverdichtungsvorrichtung sowie eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung auf. Weiterhin ist eine Fahrtregelungseinrichtung vorgesehen, die mit dem Istwert und dem vom Fahrtgeber des Bodenverdichtungssystems vorgegebenen Sollwert beaufschlagbar ist und die
- 5 Lenkeinrichtung bzw. den Fahrantrieb derart ansteuert, dass eine Differenz zwischen Ist- und Sollwert minimal wird.

Die aus der DE 100 53 446 A1 bekannte Bodenverdichtungsvorrichtung wird somit durch die Erfindung weiterentwickelt. Während dort nämlich die Sollwertvorgabe mittels einer Fernsteuerung durch den Bediener erfolgte, wird der Sollwert erfindungsgemäß von dem Fahrtgeber vorgegeben, der versucht, die Bodenverdichtungsvorrichtung innerhalb der zu verdichtenden Fläche zu bewegen. Die aus der DE 100 53 446 A1 beschriebene Fahrtrichtungsstabilisierung erleichtert dem Fahrtgeber die Arbeit, weil Störungen beim Verfahren der Bodenverdichtungsvorrichtung, z. B. durch unebene Böden, Steine, Querkräfte, etc., sofort durch die Bodenverdichtungsvorrichtung selbst ausgeregelt werden und nicht eine Abweichung der Bodenverdichtungsvorrichtung vom vorgegebenen Kurs bewirken.

- 10
- 15
- 20 Auf diese Weise weist das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem wenigstens zwei Regelkreise auf: Der äußere Regelkreis umfasst den Fahrtgeber und bewirkt, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung einem bestimmten Weg bzw. Kurs folgt. Der Weg kann entweder ein mehr oder weniger zufällig bestimmter Weg innerhalb der Grenzen der zu verdichtenden Fläche oder ein exakt durch die Wegplanungseinrichtung vorgegebener Fahrweg sein. Der innere Regelkreis hingegen ist direkt mit der Bodenverdichtungsvorrichtung gekoppelt und erkennt bereits geringfügige Abweichungen von einer durch den äußeren Regelkreis vorgegebenen Fahrtrichtung bei einer Geradeaus- oder Kurvenfahrt der Bodenverdichtungsvorrichtung. Durch Kombination der beiden Regelkreise ist es möglich, die Bodenverdichtungsvorrichtung sehr präzise auf der zu verdichten- den Fläche zu verfahren.
- 30

Der mechanische Aufbau einer als Bodenverdichtungsvorrichtung geeigneten Vibrationsplatte ist an sich bekannt und in der DE 100 53 446 A1 ausführlich beschrieben, so dass sich eine Wiederholung erübrigt. Jedenfalls ist es zweckmäßig, wenn die Bodenverdichtungsvorrichtung einen Schwingungserreger mit zwei zueinander parallelen, gegenläufig formschlüssig drehbaren Wellen aufweist, die

1 jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragen und deren Phasenlage zueinander verstellbar ist. Durch die Verstellung der Phasenlage ist es möglich, eine Fahrbewegung der Vibrationsplatte in Vorwärts- und Rückwärts-Richtung zu bewirken.

5

Besonders vorteilhaft ist es, wenn auf wenigstens einer der Wellen des Schwingungserregers zwei Unwuchtmassen axial versetzt angeordnet sind, die hinsichtlich ihrer Phasenlage zueinander verstellbar sind. Dadurch wird eine Lenkeinrichtung gebildet, mit der es dann möglich ist, die Phasenlage der Unwuchtmassen zueinander einzustellen und dadurch ein Giermoment um die Hochachse der Vibrationsplatte zu erzeugen, was eine Verdrehung der Vibrationsplatte über dem Boden zur Folge hat.

10 Aufgrund der hochentwickelten Fahrtregelungseinrichtung ist es nicht nur möglich, die Vibrationsplatte hin- und her zu verfahren bzw. im Stand zu verdrehen. Vielmehr lassen sich auch Kurvenradien durch Überlagerung der Vortriebsbewegung und des Giermoments präzise durchfahren. Diesen besonderen Vorteil macht sich das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem zunutze, um insbesondere in Kombination mit der Wegplanungseinrichtung optimierte Fahrwege 15 auf der zu verdichtenden Fläche zu realisieren.

20 Bei einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung sind in der Vibrationsplatte mehrere Schwingungserregungseinrichtungen vorgesehen, die nach dem gleichen, oben beschriebenen Zwei-Wellen-Prinzip arbeiten. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Vortriebsrichtung von wenigstens einer der Schwingungserregungseinrichtung von denen der anderen abweicht. Durch gezielte individuelle Ansteuerung der einzelnen Schwingungserregungseinrichtungen ist es dann möglich, die Vibrationsplatte in verschiedene Richtungen zu bewegen, ohne dass die den Boden berührende Bodenkontaktplatte über dem Boden verdreht werden 25 muss. Vielmehr bleibt die Relativstellung der Bodenkontaktplatte zum Boden erhalten, während die Bodenkontaktplatte und damit die gesamte Vibrationsplatte aufgrund der Wirkung der jeweiligen Schwingungserregungseinrichtungen in die gewünschte Richtung bewegt wird. Die jeweils nicht zum Vortrieb oder zur Lenkung genutzten Schwingungserregungseinrichtungen können dabei derart eingesetzt werden, dass sie lediglich eine Vertikalschwingung erzeugen, die ausschließlich zur Bodenverdichtung genutzt werden kann, wie auch in der DE 100 30 35 53 446 A1 beschrieben.

---

- 1 Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung dieser Variante weist die von den Schwingungserregungseinrichtungen beaufschlagte Bodenkontaktplatte einen im Wesentlichen kreisförmigen Grundriss auf. Dieser Grundriss ermöglicht es in besonders einfacher Weise, die Vibrationsplatte gleichmäßig in alle Himmelsrichtungen zu bewegen.
- 5

Wie bereits oben dargelegt, lässt sich das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem zur Realisierung von zwei alternativen Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung nutzen:

10

Nach einem ersten erfindungsgemäßen Verfahren wird die Bodenverdichtungsvorrichtung automatisch innerhalb der Flächengrenzen, vorzugsweise in Geradeausrichtung verfahren, wobei eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an eine der Flächengrenzen erfasst wird. Bei Annäherung an eine Flächengrenze erfolgt ein automatisches Ändern der Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvorrichtung derart, das die Bodenverdichtungsvorrichtung die jeweilige Flächengrenze nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche die Fahrt fortsetzt.

15

Gemäß dem zweiten erfindungsgemäßen Verfahren ist es ebenfalls möglich, zuerst die Flächengrenzen der zu verdichtenden Fläche zu definieren, wobei die Flächengrenzen repräsentierenden Daten gespeichert werden können. Aufgrund dieser Daten wird eine Vorgabe für einen Fahrweg geplant, mit dem sichergestellt wird, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche wenigstens einmal vollständig überfährt. Schließlich wird die Bodenverdichtungsvorrichtung automatisch entlang der Fahrwegsvorgabe verfahren.

20

Die bisher beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung zielen im Wesentlichen auf eine geometrische Vorgabe bzw. Beeinflussung des Fahrwegs der Bodenver-

30 dichtungsvorrichtung ab. Bei einer besonders vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung ist es alternativ oder ergänzend möglich, den Bodenverdichtungszustand des Bodens zu erfassen und als Kriterium für die Wegplanung zu nutzen.

Dies ist insbesondere jeweils an der Stelle möglich, die gerade von der Bodenverdichtungsvorrichtung überfahren wird. So ist es zum Beispiel bekannt,

35 aufgrund der auf eine Bodenkontaktplatte der Bodenverdichtungsvorrichtung wirkenden Reaktionskräfte des Bodens oder aufgrund seines Dämpfungsverhaltens Rückschlüsse auf den Verdichtungszustand zu ziehen. Auch ist es möglich,

1 aufgrund von Änderungen dieses Verhaltens zu erkennen, inwieweit der Boden bereits verdichtet ist. In diesem Zusammenhang sei zum Beispiel auf die DE 100 46 336 A1, WO-A-98-17865 und WO-A-95-10664 verwiesen, in denen derartige Möglichkeiten zum Feststellen des Verdichtungszustandes erörtert sind.

5

Die auf diese Weise gewonnene Information über den Ist-Verdichtungszustand des Bodens wird mit einem Sollwert verglichen, den der Bediener über ein geeignetes Eingabemedium, zum Beispiel aber auch per Fernsteuerung oder über einen Computer (Laptop) eingeben kann. Wenn erkannt wird, dass der Ist-Ver-

10 dichtungszustand den Soll-Verdichtungszustand übersteigt und somit das gewünschte Verdichtungsergebnis in diesem Bereich des Bodens erzielt worden ist, kann die Wegplanungseinrichtung eine Änderung der Fahrwegsvorgabe derart vornehmen, dass der betreffende Bodenbereich nicht nochmals überfahren wird. Es ist somit möglich, durch Kombination der Flächendefinitionsdaten des zu 15 verdichtenden Bodens und der Positionsdaten der Bodenverdichtungsvorrichtung einerseits mit den ermittelten Verdichtungsdaten andererseits durch die Wegplanungseinrichtung eine Strategie festzulegen, um eine weg- oder zeitoptimierte Wegstrecke für die Fahrt der Bodenverdichtungsvorrichtung vorzugeben. Dies ist insbesondere dann hilfreich, wenn mehrere Übergänge der Bodenver- 20 dichtungsvorrichtung über den Boden erforderlich sind.

Diese und weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nachfolgend unter Zuhilfenahme der begleitenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

**Fig. 1** eine schematische Draufsicht einer zu verdichtenden Fläche zur Erläuterung einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

**Fig. 2** in schematischer Darstellung ein erfindungsgemäßes Bodenver- 30 dichtungssystem in der ersten Ausführungsform;

**Fig. 3** eine schematische Darstellung einer zu verdichtenden Fläche zur Erläuterung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

**Fig. 4** ein Schema zur Erläuterung der Fahrtregelung bei der zweiten 35 Ausführungsform der Erfindung;

**Fig. 5** verschiedene Varianten einer Bodenverdichtungsvorrichtung für das erfindungsgemäßes Bodenverdichtungssystem.

1 Fig. 1 zeigt in schematischer Draufsicht eine zu verdichtende Fläche 1, die von (in der Realität unsichtbaren) Flächengrenzen 2 umschlossen bzw. definiert ist.

Die Fläche 1 besteht z. B. aus einem locker aufgeschütteten Boden aus Kies 5 oder Erde und ist zur Verfestigung durch eine Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu verdichten. Als Bodenverdichtungsvorrichtung 3 eignet sich in üblicher Weise eine an sich bekannte Vibrationswalze oder eine Vibrationsplatte. Die Bodenver- 10 dichtungsvorrichtung 3 weist wenigstens einen Schwingungserreger auf, mit dem eine Bandagentrommel (bei der Walze) oder eine Bodenkontaktplatte (bei der Vibrationsplatte bzw. Rüttelplatte) mit einer vorzugsweise vertikalen Schwin- gung beaufschlagt wird. Dieses Bodenverdichtungsprinzip ist seit langem be- 15 kannt und bewährt, so dass sich eine weitergehende Erläuterung erübrigt.

In Fig. 1 ist dargestellt, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 innerhalb der 15 Flächengrenzen 2 entlang eines Fahrwegs 4 bewegt wurde und dadurch bereits einen Teil der Fläche 1 verdichtet hat. Der Fahrweg 4 in dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel verläuft im Wesentlichen spiralförmig. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Fläche 1 mit Hilfe von anderen Fahrwegen, z. B. einem mäanderförmigen Weg, einem Hin- und Herverfahren der Bodenverdichtungsvorrichtung 3, 20 einer Zickzack-Fahrt oder gar durch völlig zufälliges Überfahren der Fläche 1 zu verdichten.

Zur Steuerung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ist es unter anderem bekannt, eine Fernsteuerung 5 vorzusehen, die Steuerbefehle an die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 über Kabel oder kabellos über eine Funk-, Infrarot- oder Laserstrecke übermittelt und dadurch die Vorwärts-, Rückwärts- oder Lenkbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 kontrolliert. Üblicherweise wird die Fernsteuerung 5 von einem Bediener gehalten, der dadurch die gewünschten Steuerbefehle vorgeben kann.

30

Erfindungsgemäß jedoch weist die Fernsteuerung 5 erheblich mehr Komponenten und Funktionen auf, als aus dem Stand der Technik bekannt. Dies wird im Zusammenhang mit Fig. 2 deutlich.

35 Danach weist die Fernsteuerung 5 (auch als Steuervorrichtung bezeichnet) unter anderem eine Flächendefinitionseinrichtung 6, eine Wegplanungseinrichtung 7, einen Fahrtgeber 8a sowie eine zusätzliche Eingabeeinrichtung 9 auf. Insbeson-

1 dere die Flächendefinitionseinrichtung 6, die Wegplanungseinrichtung 7 und der Fahrtgeber 8a können besonders vorteilhaft softwaremäßig in einem Computer 10, z. B. einem Laptop, mit einer Eingabeeinrichtung 11 und einer Anzeige 12 untergebracht werden.

5

Über einen Sender 13 ist die Fernsteuerung 5 über eine Funk-, Infrarot- oder Laserstrecke mit einem Empfänger 14 auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 gekoppelt, der die von der Fernsteuerung 5 erhaltenen Steuersignale an eine Fahrtregelungseinrichtung 15 weitergibt.

10

Die Fahrtregelungseinrichtung 15 der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 dient zum Ansteuern eines Schwingungserregers 16, der in bekannter Weise eine Vertikalschwingung zur Bodenverdichtung in eine Bodenkontaktplatte 17 einleitet. Der Schwingungserreger 16 besteht aus einem sogenannten Zwei-Wellen-Erreger, wobei die Wellen 25, 26 formschlüssig gegenläufig drehbar miteinander gekoppelt sind und jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragen. Außer zur Erzeugung der Vertikalschwingung zur Bodenverdichtung dient der Schwingungserreger 16 auch zum Erzeugen einer Kraftwirkung in Fahrtrichtung (vorwärts oder rückwärts) sowie zum Erzeugen eines Giermoments um die Hochachse der Bodenverdichtungsvorrichtung 3, um eine Lenkbewegung zu erzeugen. Ein derartiger Schwingungserreger 16 ist z. B. aus der DE 100 53 446 A1 sowie der DE-G 78 18 542.9 bekannt, so dass sich eine weitergehende Beschreibung erübrigt.

5 An der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ist darüber hinaus eine Positionserfassungseinrichtung 18 zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 vorgesehen. Bei der Positionserfassungseinrichtung 18 kann es sich z. B. um einen GPS-Empfänger handeln. Alternativ dazu ist es möglich, die Positionserfassungseinrichtung 18 auch räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung 3, z. B. an der Fernsteuerung 5, vorzusehen, wobei

30 dann Mittel vorhanden sein müssen, mit denen die Positionserfassungseinrichtung 18 relativ präzise den jeweiligen aktuellen Standort der Bodenverdichtungsvorrichtung feststellen kann (Laser, Radar).

35 Sofern die Positionserfassungseinrichtung 18 auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 angeordnet ist, genügt es, wenn sie zum Bestimmen von absoluten geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen eigenen Aufenthaltsortes ausgebildet ist. Wenn aber die Positionserfassungseinrichtung 18 außerhalb von der

- 1 Bodenverdichtungsvorrichtung 3 aufgebaut wird, muss sie selbstverständlich in der Lage sein, die Ortskoordinaten des jeweiligen Aufenthaltsortes der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu bestimmen.
- 5 Ebenso ist es möglich, den Fahrtgeber 8a statt in der Fernsteuerung 5 ebenfalls an der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 anzugeben (Bezugszeichen 8b). Grundsätzlich ist aber zu beachten, dass jegliche Elektronik möglichst fernab von der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 angeordnet werden sollte, um eine Beschädigung durch die starken Schwingungen des Schwingungserregers 16 zu vermeiden.
- 10 10 Sofern also möglich, sollten die erforderlichen Daten an der Fernsteuerung 5 generiert und dann nur noch zur Steuerung des Schwingungserregers 16 an die Bodenverdichtungsvorrichtung 3, über den Empfänger 14 und die Fahrtregelungseinrichtung 15 übermittelt werden.
- 15 15 Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines ersten Beispiels erläutert. In dem Computer 10 ist ein nicht dargestellter Speicher, z. B. eine CD-ROM, vorgesehen, auf der geografische Ortsdaten gespeichert sind, die wenigstens den Bereich betreffen, in dem sich die zu verdichtende Fläche 1 befindet. Derartige Speichermedien sind z. B. für Navigationssysteme in Fahrzeugen erhältlich.
- 20 20

Über einen nicht dargestellten GPS-Empfänger, der beispielsweise auch in der Positionserfassungseinrichtung 18 vorgesehen sein kann, erhält die Flächendefinitionseinrichtung 6 die erforderlichen Angaben, um aus dem Ortsspeicher die geografischen Ortsangaben zu ermitteln und auf der Anzeige 12 darzustellen. Mit Hilfe der Eingabeeinrichtung 11, wozu auch eine bekannte Maus-Steuerung oder andere grafische Eingabemittel gehören können, definiert der Bediener auf der Anzeige 12 die Grenzen 2 der zu verdichtenden Fläche 1. In der Flächendefinitionseinrichtung 6 werden die grafischen Eingaben vom Bediener in absolute oder relative Ortskoordinaten umgesetzt und der Wegplanungseinrichtung 7 zur Verfügung gestellt.

Absolute Ortskoordinaten, z. B. in Form von GPS-Koordinaten, eignen sich besonders gut für eine präzise Bodenverdichtung einer größeren Fläche. Alternativ dazu ist es auch möglich, mit relativen Ortskoordinaten zu arbeiten und - ausgehend von einem Referenzpunkt - mit Hilfe der Flächendefinitionseinrichtung 6 Relativangaben, wie z. B. Längen, Winkel, Himmelsrichtungen, einzugeben.

- 1 Die Verwendung von relativen Ortskoordinaten kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn sich die Bestimmung absoluter Ortskoordinaten (z. B. GPS-Koordinaten) als schwierig oder zu ungenau erweist. Zur Bestimmung der relativen Ortskoordinaten kann die Positionserfassungseinrichtung z. B. einen in der Nähe der zu verdichtenden Fläche 1 aufgestellten Sender aufweisen, der die Fläche 1 mit einem bestimmten Signal überstreicht. Vorteilhafterweise ist darüber hinaus ein zweiter Sender von dem ersten Sender räumlich getrennt aufgebaut, der ebenfalls ein Signal abstrahlt, so dass ein zu der Positionserfassungseinrichtung 18 gehörender Empfänger auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 durch
- 5 Auswertung der Signale (z. B. durch Bestimmung von Interferenzen oder Phasenunterschieden) die genaue Relativstellung sowie gegebenenfalls die Relativbewegung zu den Sendern ermitteln kann. Der zweite Sender kann auch durch einen Transponder gebildet werden, dem von außen kein zweites Signal zugeführt wird und der lediglich das Singal des ersten Senders zurückgibt, so dass das
- 10 15 aufwändige Verlegen von Leitungskabeln zu dem zweiten Sender entfällt.

Selbstverständlich sind auch andere Vorrichtungen und Verfahren zur Bestimmung der Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 möglich, wie sie z. B. aus der Seefahrt- und der Flugzeugtechnik oder neuerdings aus der Fahrzeugnavigation bekannt sind.

Die Wegplanungseinrichtung 7 legt aufgrund von mathematischen Algorithmen einen Fahrweg fest, auf dem sich die Vibrationsplatte 3 bewegen muss, um die Fläche 1 vollständig zu verdichten. Wie bereits beschrieben ist es dabei möglich, als Zielvorgabe für die Wegplanung einen spiralförmigen Weg, einen mäandrierenden oder streifenförmigen Verlauf oder eine Zickzack-Bewegung des Wegs vorzugeben. Selbstverständlich sind hier verschiedene Bewegungsschemata möglich, die vom Bediener ausgewählt werden können. Ziel der Wegplanung ist es, die zu verdichtende Fläche 1 wenigstens einmal vollständig zu überfahren. Um eine ausreichende Bodenverdichtung erreichen zu können, wird es jedoch oftmals erforderlich sein, die Fläche mehrmals zu überfahren. Diese Anforderung kann ebenfalls bei der Wegplanung berücksichtigt werden.

Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 wird manuell, z. B. mit Hilfe der Eingabeinrichtung 9, vom Bediener in die Nähe oder auf die zu verdichtende Fläche 1 gefahren.

1 Zu Beginn der Verdichtungsarbeit erhält der Fahrtgeber 8a in der Fernsteuerung 5 bzw. der alternative Fahrtgeber 8b auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 einerseits die den vorgegebenen Fahrweg 4 repräsentierenden Daten von der Wegplanungseinrichtung 7 und andererseits Signale von der Positionserfassungseinrichtung 18, die den Fahrtgeber 8a, 8b über die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 informiert. Der Fahrtgeber 8a, 8b leitet dann über die Fahrtregelungseinrichtung 15 die entsprechenden Maßnahmen ein, um die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 auf dem von der Wegplanungseinrichtung 7 vorgegebenen Kurs zu bewegen. Wenn die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 vom 10 vorgegebenen Fahrweg 4 abweicht, regelt der Fahrtgeber 8a/8b entsprechend gegen, um die Abweichung zu kompensieren.

15 Auf diese Weise ist eine automatische Verdichtung der Fläche 1 möglich, ohne dass der Bediener eingreifen und die Fahrt manuell steuern muss.

20 Lediglich für Notfälle oder bei besonderen Hindernissen steht ihm die Eingabeeinrichtung 9 zur Verfügung, die - wie eine klassische Fernsteuerung - über den Empfänger 14 und die Fahrtregelungseinrichtung 15 das Fahrverhalten der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 beeinflusst.

25 Alternativ dazu ist es auch möglich, durch die Eingabeeinrichtung 9 den vom Fahrtgeber 8a/8b vorgegebenen Sollwert nachträglich zu verändern und dann erst an die Fahrtregelungseinrichtung 15 zur Steuerung des Schwingungserregers 16 weiterzuleiten.

30 Zur Sicherheit ist es zweckmäßig, dass die Eingabeeinrichtung 9 in jedem Fall die automatische Steuerung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 überstimmen kann. Auf diese Weise behält der Bediener die Kompetenz, die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 jederzeit und unabhängig von der Automatik steuern zu können.

35 Damit die Positionserfassungseinrichtung 18 ihre Daten an die Steuervorrichtung 5 übermitteln kann, ist es zweckmäßig, wenn einerseits der Empfänger 14 auch als Sender und andererseits der Sender 13 auch als Empfänger ausgebildet ist. Auf diese Weise ist ein ständiger Austausch der Daten zwischen der Steuervorrichtung 5 und der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 möglich, wobei auch andere, nicht die Erfindung betreffende Informationen, wie z. B. Mo-

---

- 1 tordrehzahl, Schwingungsfrequenzen, Schwingungsamplituden, Öltemperatur, Daten zur Bestimmung des aktuellen Verdichtungszustands des Bodens, etc., übertragen und z. B. auf der Anzeige 12 angezeigt werden können.
- 5 Die räumliche Zuordnung der Komponenten der Steuervorrichtung/Fernsteuerung 5 ist nicht so streng wie in Fig. 2 dargestellt. So ist es ohne weiteres möglich, zumindest einzelne Komponenten der Steuervorrichtung 5 auch direkt auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 anzugeben, wenn dies zweckmäßig ist. Auch ist es möglich, die Steuervorrichtung 5 vollständig, d. h. einschließlich der
- 10 Eingabeeinrichtung 11 und der Anzeige 12 direkt auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 anzugeben. Das kann besonders dann zweckmäßig sein, wenn die Flächendefinition in besonders einfacher Weise, z. B. ohne Zuhilfenahme von GPS-Koordinaten, erfolgen soll.
- 15 Besonders hilfreich ist es, wenn die Daten der Positionserfassungseinrichtung 18 zusätzlich in einem Speicher abgelegt werden, der mit einer Auswerteeinrichtung gekoppelt ist. Die Auswerteeinrichtung ist in der Lage, die Daten der Positionserfassungseinrichtung 18 grafisch z. B. auf der Anzeige 12 darzustellen. Auf diese Weise hat der Bediener die Möglichkeit, relativ leicht den bereits zu-
- 20 rückgelegten Fahrweg der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu kontrollieren und z. B. mit der vordefinierten Fläche 1 bzw. deren Flächengrenzen 2 zu vergleichen. Ebenfalls kann der von der Wegplanungseinrichtung 7 vorgegebene Fahrweg 4 auf der Anzeige 12 dargestellt werden, was die Kontrollmöglichkeit für den Bediener verbessert. Jedenfalls hat der Bediener damit die Möglichkeit zu erkennen, ob die Vibrationsplatte 3 tatsächlich die Fläche 1 in der gewünschten Weise überfahren hat.

Alternativ zu einer grafischen Darstellung können auch Istwertprotokolle erstellt werden, die in schriftlicher Form mit den Sollwertvorgaben verglichen werden

- 30 können.

Anhand der Fig. 3 und 4 wird eine zweite Ausführungsform der Erfindung erläutert.

- 35 Diese Variante ist einfacher gestaltet als die weiter oben beschriebene erste Ausführungsform. Insbesondere ist es hierbei nicht erforderlich, permanent die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu erfassen. Ebenfalls ist

- 1 keine Wegplanungseinrichtung erforderlich. Die Definition der zu verdichtenden Fläche 1 mit Hilfe der Flächendefinitionseinrichtung 6 kann ebenfalls vereinfacht vorgenommen werden.
- 5 Der der zweiten Ausführungsform zugrundeliegende Gedanke der automatischen Bodenverdichtung besteht darin, dass die zu verdichtende Fläche mehr oder weniger zufällig von der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 überfahren wird. Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 fährt dabei vorzugsweise stets geradeaus, bis sie eine der Flächengrenzen 2 erreicht. Dort angekommen ändert sie ihre Fahrtrichtung und fährt innerhalb der Fläche 1 in eine andere Richtung weiter, bis sie erneut auf eine Flächengrenze 2 stößt. Im Laufe der Zeit wird auf diese Weise nach dem Zufallsprinzip die gesamte Fläche 1 automatisch verdichtet.
- 10

Fig. 3 zeigt die Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 in Geradeausrichtung entlang eines Fahrwegs 20. Bei Erreichen der Flächengrenze 2 ändert die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ihre Fahrtrichtung und führt die Fahrt fort. Die Richtungsänderung bei dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel unterliegt folgender Regel: Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 biegt stets nach rechts ab und ändert ihren Richtungswinkel um  $315^\circ$ , so dass der Fahrweg 20 einen spitzen Abbiegewinkel  $\alpha$  von  $45^\circ$  einschließt. Selbstverständlich sind beliebige andere Winkelstellungen, aber auch andere Fahrtregeln denkbar.

5 In Fig. 4 wird das Beispiel eines Abbiegewinkels  $\alpha$  von  $90^\circ$  gezeigt. Ein spitzer

Abbiegewinkel  $\alpha$  hat jedoch den Vorteil, dass die Fläche 1 auch nach dem Zufallsprinzip relativ rasch verdichtet wird, während bei einem Winkel von  $90^\circ$ , insbesondere bei rechtwinklig zueinander stehenden Flächengrenzen 2, die Gefahr besteht, dass stets der gleiche Fahrweg 20 von der Vibrationsplatte 3 abgefahren wird.

- 30 Die Flächendefinitionseinrichtung kann im Verhältnis zur ersten Ausführungsform der Erfindung sehr einfach ausgestaltet werden. So ist es z. B. möglich, die Flächengrenzen 2 mit Hilfe eines gespannten Drahtes oder durch auf den Boden aufgesprühte Farbmarkierungen zu kennzeichnen. Selbstverständlich sind auch andere Kennzeichnungsmöglichkeiten denkbar, die nach einem mechanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Prinzip arbeiten. So ist es insbesondere bei rechteckigen Flächen sehr einfach denkbar, die Flächengrenzen 2 mit Hilfe von Lichtschranken zu definieren.
- 35

1 An der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ist eine in den Figuren nicht dargestellte Positionserfassungseinrichtung vorgesehen, die ebenfalls einfacher als die weiter oben erläuterte Positionserfassungseinrichtung 18 der ersten Ausführungsform der Erfindung ausgestaltet sein kann. Es genügt nämlich, wenn

5 die Positionserfassungseinrichtung lediglich die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 in der Nähe einer jeweiligen Flächengrenze 2, also eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 an die Flächengrenze 2 detektiert. Nicht hingegen ist es erforderlich, dass die Positionserfassungseinrichtung ständig die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 erfasst.

10

Dementsprechend kann die Positionserfassungseinrichtung mit einem geeigneten Detektor ausgestattet sein, um die oben definierten Flächengrenzen 2 zu erkennen.

15 Bei Erreichen der Flächengrenze 2 bewirkt ein sich ebenfalls von dem oben beschriebenen Fahrtgeber 8a/8b unterscheidender, einfacherer Fahrtgeber (nicht dargestellt) eine Änderung einer Fahrtrichtung entsprechend einer vorgegebenen Regel. Wie oben dargelegt, ist es z. B. möglich, stets einen Abbiegevorgang in die gleiche Richtung oder mit einem bestimmten Winkel vorzusehen. Alternativ dazu

20 können auch zufällig gewählte Winkel abgefahren werden. Es ist lediglich sicherzustellen, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 nach Änderung der Fahrtrichtung nicht weiter das Bestreben hat, über die Flächengrenze 2 - hinauszufahren. Sollte dies - z. B. bei einer fest vorgegebenen Richtungsänderung mit einem konstanten Winkel bei bestimmten Konstellationen von Flächengrenzen 2 - dennoch der Fall sein, müsste der Fahrtgeber umgehend entsprechende weitere Steuerungsmaßnahmen, also z. B. eine erneute Richtungsänderung gemäß der vorgegebenen Regeln, ergreifen.

30 In Fig. 4 ist gezeigt, dass die Flächengrenze 2 jeweils einen Grenzbereich 21 umfassen darf, der eine gewisse Toleranz zulässt, innerhalb der die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ihre Fahrtrichtung zu ändern hat.

Wie bereits in der Beschreibungseinleitung ausführlich erläutert, weist das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem vorzugsweise eine Bodenverdichtungsvorrichtung mit einer Fahrtrichtungsstabilisierung auf, wie z. B. aus der DE 100 53 446 A1 bekannt. Dabei handelt es sich z. B. um eine Vibrationsplatte 3 mit dem Schwingungserreger 16, der die zwei gegenläufig drehenden Wellen

1 25, 26 aufweist, auf denen jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse angeordnet ist.

5 Vorteilhafterweise ist die Bodenverdichtungsvorrichtung mit einer Fahrtrichtungsstabilisierung entsprechend der DE 100 35 446 A1 ausgestattet. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Selbstverständlich ist es auch möglich, für das Bodenverdichtungssystem eine konventionelle Bodenverdichtungsvorrichtung, insbesondere eine übliche Vibrationsplatte, zu verwenden, die keine Fahrtrichtungsstabilisierung im Sinne der DE 100 35 446 A1 aufweist. Für die 10 Einhaltung des Fahrwegs sorgt dann der Fahrtgeber, wobei gelegentliche Abweichungen vom vorgegebenen Kurs akzeptiert werden.

15 In Anlehnung an die DE 100 35 446 A1 können auch Bodenverdichtungsvorrichtungen mit mehr als einem Schwingungserreger verwendet werden, wie z. B. in Fig. 5 gezeigt.

20 Fig. 5a zeigt schematisch die Draufsicht auf eine Vibrationsplatte mit der Bodenkontaktplatte 17, auf der zwei Schwingungserreger 27, 28 versetzt angeordnet sind. Zwischen den Schwingungserregern 27, 28 ist eine Hochachse 29 vorgesehen. Es ist erkennbar, dass die Schwingungserreger 27, 28 bei unterschiedlicher horizontaler Kraftwirkung ein Giermoment um die Hochachse 29 erzeugen können.

Bei der Variante in Fig. 5b sind auf der Grundplatte 17 einer Bodenverdichtungsvorrichtung die Schwingungserreger 27, 28 und zusätzlich ein weiterer Schwingungserreger 30 angeordnet. Allein aufgrund der Tatsache, dass alle drei Schwingungserreger Vertikalschwingungen erzeugen, ist ersichtlich, dass eine derartige Vibrationsplatte hervorragend zur wirksamen Bodenverdichtung geeignet ist. Durch die unterschiedlich angeordnete Wirkrichtung der Schwingungserreger - der mittlere Schwingungserreger 30 ist um 90° gegenüber den beiden anderen Schwingungserregern 27, 28 verdreht - wird die Lenkbarkeit der Vibrationsplatte verbessert.

30 Schließlich ist in Fig. 5c eine Vibrationsplatte mit einer kreisförmigen Bodenkontaktplatte 31 gezeigt, auf der zwei Schwingungserreger 27, 28 übereinander und um 90° zueinander versetzt angeordnet sind. Eine derartige Vibrationsplatte hat keine Vorzugsrichtung im Sinne einer Vorwärts- oder Rückwärtsfahrt,

1 sondern ist universell in jede Richtung einstellbar. Durch das Ansteuern der Phasenlagen der Unwuchten der einzelnen Schwingungserreger 27, 28 lässt sich nahezu jede beliebige Bewegungsrichtung der Vibrationsplatte realisieren. Dies ist insbesondere in Kombination mit dem erfindungsgemäßen Bodenverdich-  
5 tungssystem sehr vorteilhaft, weil die Vibrationsplatte ihre Richtung ändern kann, ohne dass die Bodenkontaktplatte 31 gegenüber dem zu verdichtenden Boden verdreht werden müsste.

In der DE 100 35 446 A1 sind weitere Möglichkeiten beschrieben, wie eine Bodenverdichtungsvorrichtung aussehen könnte, die in besonders vorteilhafter Weise bei dem erfindungsgemäßen Bodenverdichtungssystem Verwendung findet.

15

20

30

35

**Patentansprüche**

1. 1. Bodenverdichtungssystem, mit
  - einer fahr- und lenkbaren Bodenverdichtungsvorrichtung (3); und
  - einer Steuervorrichtung (5);wobei die Steuervorrichtung (5) aufweist:
  - 5 - eine Flächendefinitionseinrichtung (6) zum Festlegen einer zu verdichten- den Fläche (1) und der zugehörigen Flächengrenzen (2) durch einen Bediener;
  - eine Positionserfassungseinrichtung (18), zum Erfassen der aktuellen Po- sition der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) wenigstens in der Nähe der Flä- chengrenzen (2);
  - einen Fahrtgeber (8a; 8b) zum Ändern einer Fahrtrichtung durch Vorge- ben eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige Flächengren- ze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt fortsetzt.
- 15 2. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Positionserfassungseinrichtung (18) wenigstens zum Erfassen einer Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) an eine der Flächengrenzen (2) ausgebildet ist;
  - die Fahrtrichtung durch den Fahrtgeber (8a; 8b) änderbar ist, wenn die Positionserfassungseinrichtung (18) eine Annäherung an die Flächengrenze (2) feststellt.
- 25 3. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Flächendefinitionseinrichtung (18) eine Einrichtung zum mechanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Kennzeichnen der Flächengrenzen (2) aufweist.
- 30 4. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum mechanischen Kennzeichnen Band- oder Drahtmittel aufweist, die entlang der Flächengrenzen (2) spannbar sind.
5. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum optischen Kennzeichnen Farbmittel aufweist, die ent- lang der Flächengrenzen auf den Boden aufbringbar sind.

---

1 6. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum optischen Kennzeichnen eine Lichtschränke aufweist.

5 7. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrtgeber (8a; 8b) eine Änderung der Fahrtrichtung zur ursprünglichen Fahrtrichtung mit einem vorgegebenen, während des gesamten Verdichtungsvorgangs konstanten Winkel ( $\alpha$ ) oder mit sich während des Verdichtungsvorgangs ändernden, nach dem Zufallsprinzip ausgewählten Winkeln bewirkt.

10 8. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuervorrichtung aufweist:

- eine Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen einer Vorgabe für einen Fahrweg (4) aufgrund der festgelegten Fläche (1), derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt; wobei
- die Positionserfassungseinrichtung (18) zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) innerhalb der Flächengrenzen (2) ausgebildet ist; und
- der Fahrtgeber (8a, 8b) zum Vorgeben eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) aufgrund eines Vergleichs der aktuellen Position mit der Fahrwegsvorgabe ausgebildet ist, derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) der Fahrwegsvorgabe folgt.

15 9. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) und/oder die Positionserfassungseinrichtung (18) eine Koordinatenerfassungseinrichtung zum Bestimmen von absoluten geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen Aufenthaltsortes aufweist.

20 10. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) einen Speicher mit geografischen Ortsinformationen zu dem Bereich der zu verdichtenden Fläche (1) aufweist.

30 11. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächengrenzen (2) durch absolute Ortskoordinaten

1 definierbar sind.

12. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrwegsvorgabe durch die Wegplanungseinrichtung 5 (7) in Form von absoluten oder relativen geografischen Ortskoordinaten definierbar ist.

13. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wegplanungseinrichtung (7) mathematische Algorithmen 10 zur weg- und/oder zeitoptimierten Wegplanung aufweist.

14. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Teil der Komponenten der Steuervorrichtung (5), insbesondere die Flächendefinitionseinrichtung (6), der Fahrtgeber (8a) 15 und/oder die Wegplanungseinrichtung (7), räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) angeordnet ist.

15. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) räumlich getrennt 20 von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) angeordnet ist, und dass Daten zwischen der Flächendefinitionseinrichtung (6) und der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) drahtlos, insbesondere über Funk, Infrarot oder durch Laser übertragbar sind.

16. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) und mit dieser über eine Funk-, Laser- oder Infrarotstrecke gekoppelt eine Eingabeeinrichtung (9) zum manuellen Verändern des von dem Fahrtgeber (8a; 8b) vorgegebenen Sollwerts vorgesehen ist. 30

17. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positionserfassungseinrichtung (18) mit einem Speicher gekoppelt ist, zum Speichern von Daten zu den jeweils von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) erreichten Positionen.

18. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **gekennzeichnet durch** eine Auswerteeinrichtung, die mit der Flächendefinitionsein- 35

1 richtung (6) und der Positionserfassungseinrichtung (18) gekoppelt ist und die eine Anzeige (12) zum grafischen Darstellen der vorgegebenen Flächengrenzen (2) und der von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) zum jeweiligen Zeitpunkt bereits verdichteten Fläche aufweist.

5

19. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- eine Verdichtungsergebnis-Erfassungseinrichtung zum Erfassen des Ist-Verdichtungszustands des verdichteten Bodens vorgesehen ist;

10

- die Verdichtungsergebnis-Erfassungseinrichtung mit der Wegplanungseinrichtung (7) gekoppelt ist, zum Übermitteln von Information bezüglich des Ist-Verdichtungszustands; und dass

- die Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen der Vorgabe für den Fahrweg (4) unter Berücksichtigung des Ist-Verdichtungszustands ausgebildet ist.

15

20. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- in der Wegplanungseinrichtung (7) der Ist-Verdichtungszustand mit einem vorgegebenen Soll-Verdichtungszustand vergleichbar ist;

20

- der Fahrweg (4) durch die Wegplanungseinrichtung (7) derart vorgebar ist, dass Bodenflächen, bei denen der Ist-Verdichtungszustand den Soll-Verdichtungszustand übersteigt und damit bereits eine ausreichende Verdichtung vorliegt, nicht mehr von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) überfahren werden.

5

21. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) aufweist:

- einen Fahrantrieb (16) zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung;

- eine Lenkeinrichtung (16) zum Erzeugen eines Giermoments um eine Hochachse (29) der Bodenverdichtungsvorrichtung (3);

30

- eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung; und

- eine von dem Istwert und dem vom Fahrtgeber vorgegebenen Sollwert beaufschlagbare Fahrtregelungseinrichtung (15) zum Ansteuern der Lenkeinrichtung und/oder des Fahrantriebs derart, dass eine durch die Differenz zwischen

35

Ist- und Sollwert gebildete Regelabweichung minimal ist.

22. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**,

1 dass der Fahrantrieb wenigstens eine Schwingungserregungseinrichtung (16) aufweist, mit zwei zueinander parallelen, gegenläufig drehbaren und jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragenden Wellen (25, 26), deren Phasenlage zueinander verstellbar ist.

5

23. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf wenigstens einer Welle (25, 26) der Schwingungserregungseinrichtung (16) zwei Unwuchtmassen axial versetzt angeordnet sind und dass die Lenkeinrichtung (16) zum Verstellen der Phasenlage der beiden Unwuchtmassen ausgebildet ist.

10

24. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrantrieb und die Lenkeinrichtung durch eine Anordnung von mehreren, zueinander ortsfest getragenen Schwingungserregungseinrichtungen (27, 28; 30) gebildet sind, wobei die Schwingungserregungseinrichtungen (27, 28; 30) jeweils zwei zueinander parallele, gegenläufig drehbare und jeweils wenigstens eine Unwucht tragende Wellen aufweisen, deren Phasenlage verstellbar ist, und wobei jeweils durch eine der Schwingungserregungseinrichtungen (27, 28; 30) eine Vortriebsbewegung in eine Vortriebsrichtung erzeugbar ist.

15

25. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vortriebsrichtung von wenigstens einer (30) der Schwingungserregungseinrichtungen von denen der anderen (27, 28) abweicht.

20

26. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine von der Schwingungserregungseinrichtung oder den Schwingungserregungseinrichtungen beaufschlagte Bodenkontaktplatte (31) einen im wesentlichen kreisförmigen Grundriß aufweist.

30

27. Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung, mit den Schritten:

- Definieren von Flächengrenzen (2) einer zu verdichtenden Fläche (1) mit einer Flächendefinitionseinrichtung (6);
- automatisches Fahren einer Bodenverdichtungsvorrichtung (3) innerhalb der Flächengrenzen (2), im Wesentlichen in einer Geradeausrichtung;
- Erfassen einer Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) an eine der Flächengrenzen (2);

35

---

1 - automatisches Ändern der Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige Flächengrenze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt fortsetzt.

5 28. Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung, mit den Schritten:  
- Definieren von Flächengrenzen einer zu verdichtenden Fläche (1) und Speichern von die Flächengrenzen (2) repräsentierenden Daten in einer Flächendefinitionseinrichtung (6);

10 - Planen einer Vorgabe für einen Fahrweg (4), derart, dass eine Bodenverdichtungsvorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt;  
- automatisches Fahren der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) entlang der Fahrwegsvorgabe.

15 29. Verfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass das automatische Fahren die folgenden Schritte umfasst:  
- Erfassen der jeweils aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung (3);

20 - Vergleichen der aktuellen Position mit der Fahrwegsvorgabe;  
- automatisches Fahren und Lenken der Bodenverdichtungsvorrichtung (3), derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) der Fahrwegsvorgabe folgt.

30. Verfahren nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, durch die Schritte:  
- Kontinuierliches Erfassen des Ist-Verdichtungszustands des verdichteten Bodens;  
- Vergleichen des Ist-Verdichtungszustands mit einem Soll-Verdichtungszustand;  
30 - Anpassen der Fahrwegsvorgabe derart, dass Bereiche des Bodens, bei denen der Ist-Verdichtungszustand größer ist als der Soll-Verdichtungszustand, nicht mehr von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) überfahren werden.

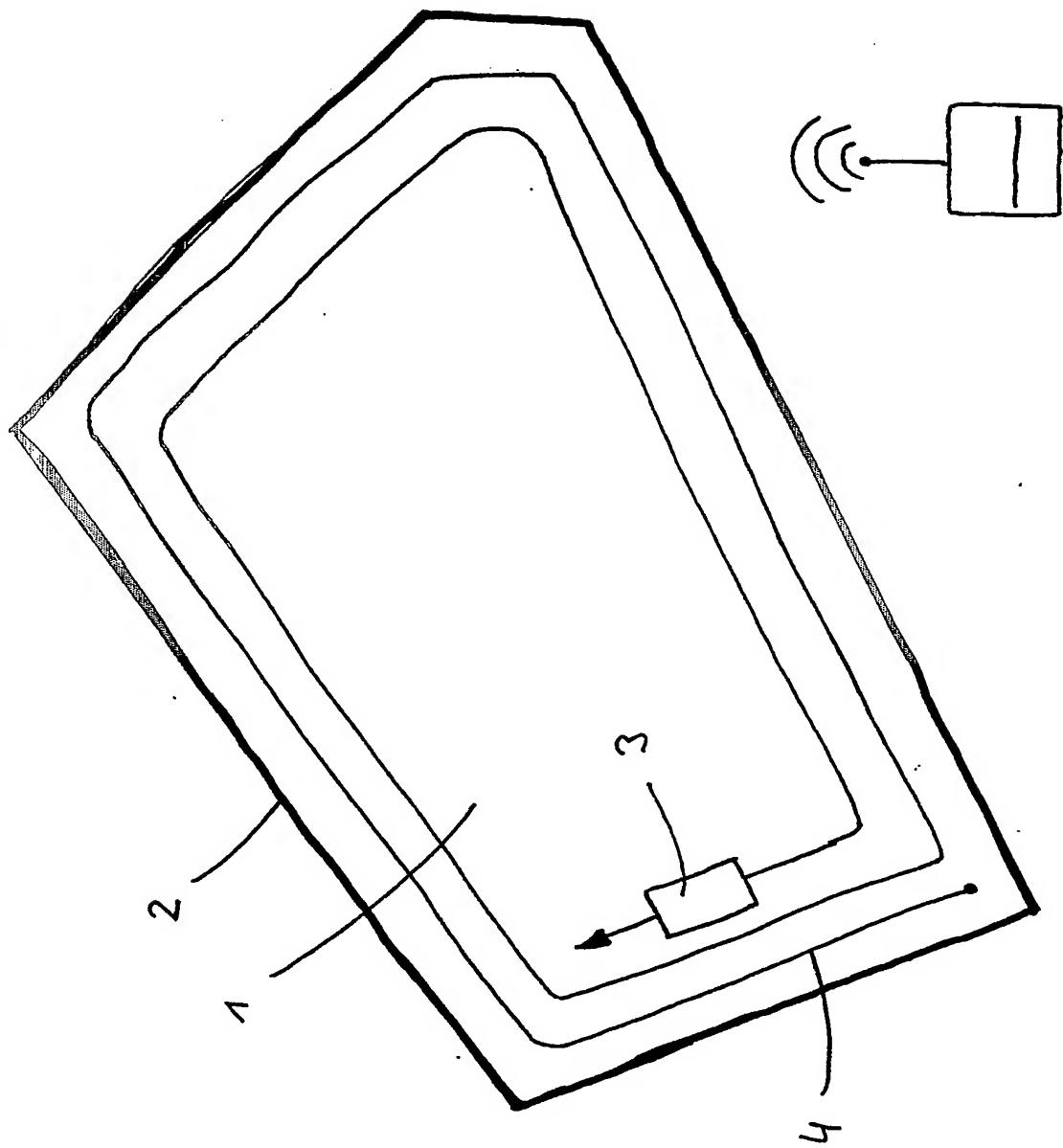


Fig. 1

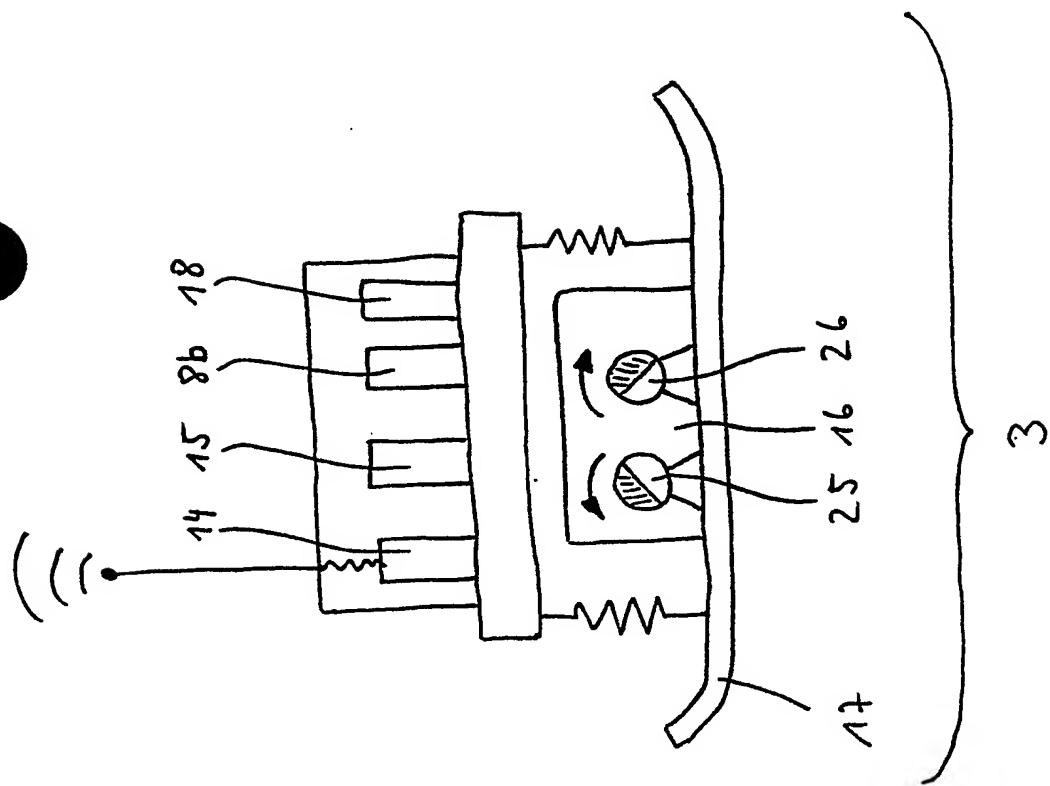
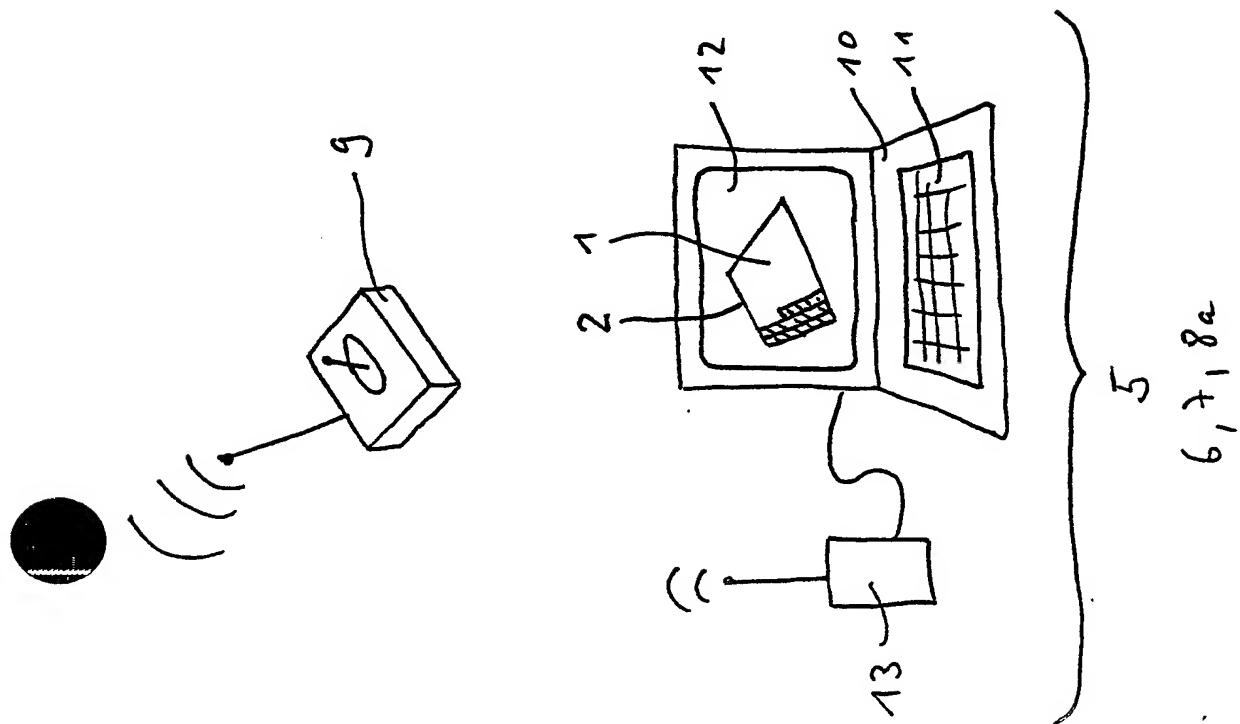


Fig. 2

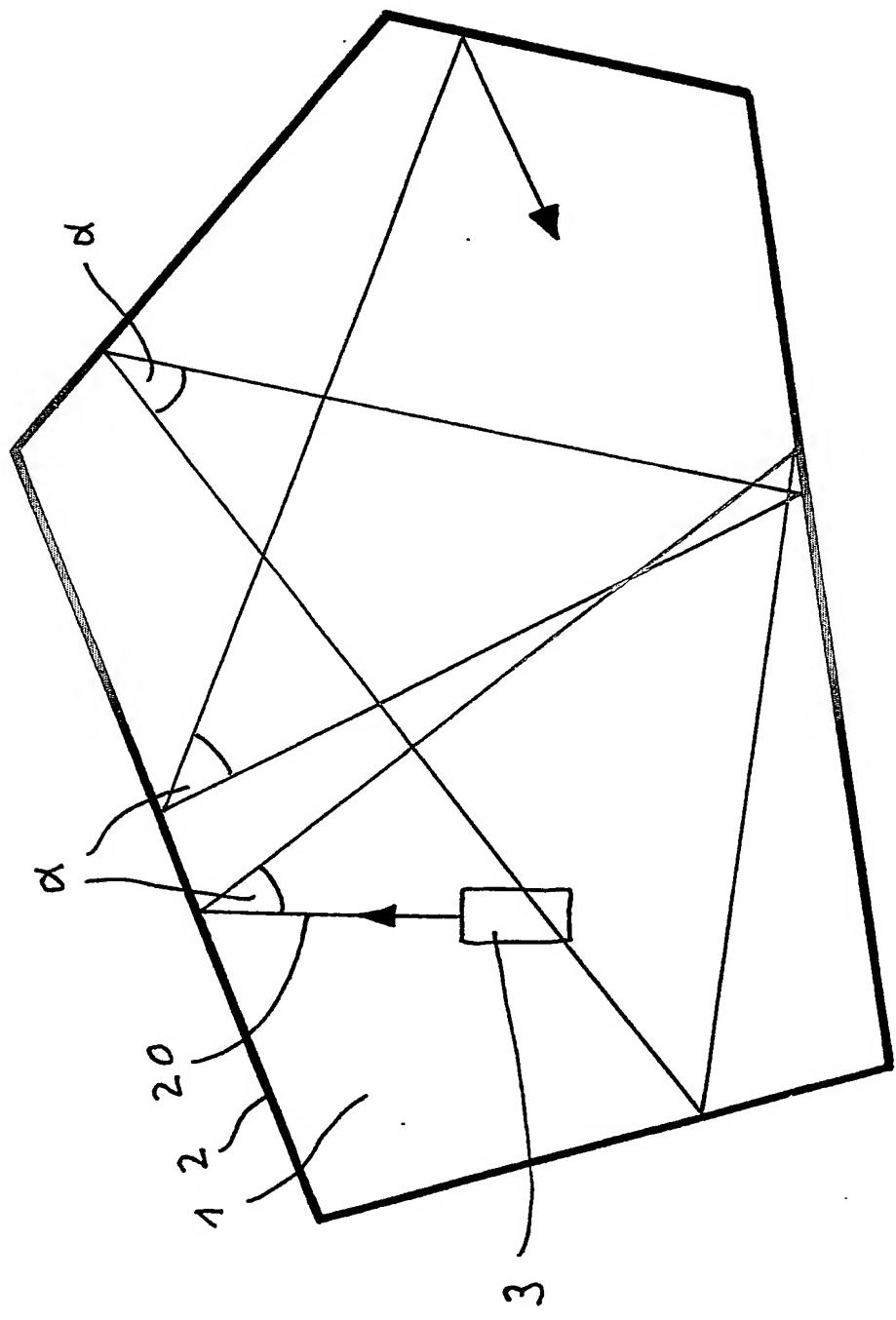


Fig. 3

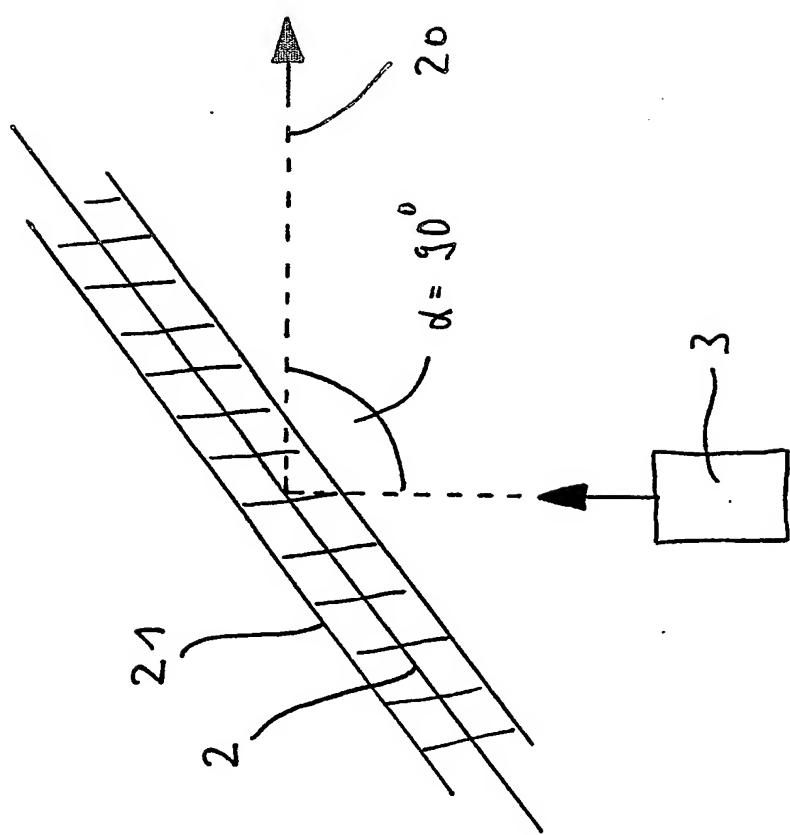


Fig. 4

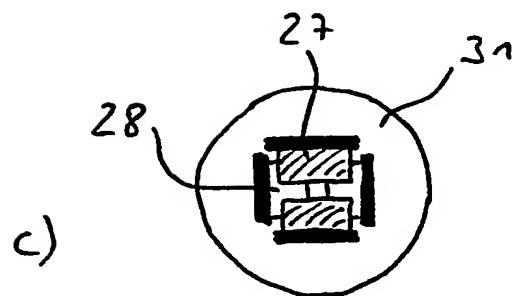
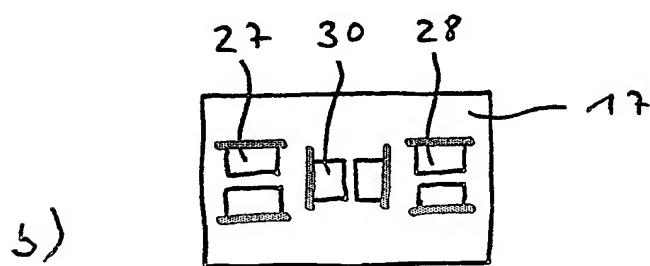
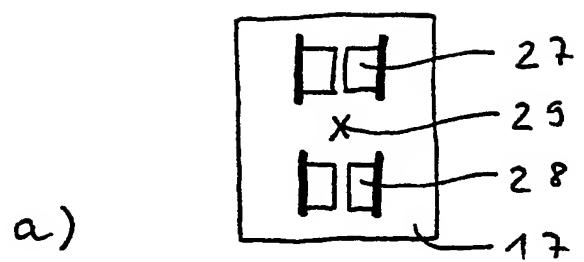


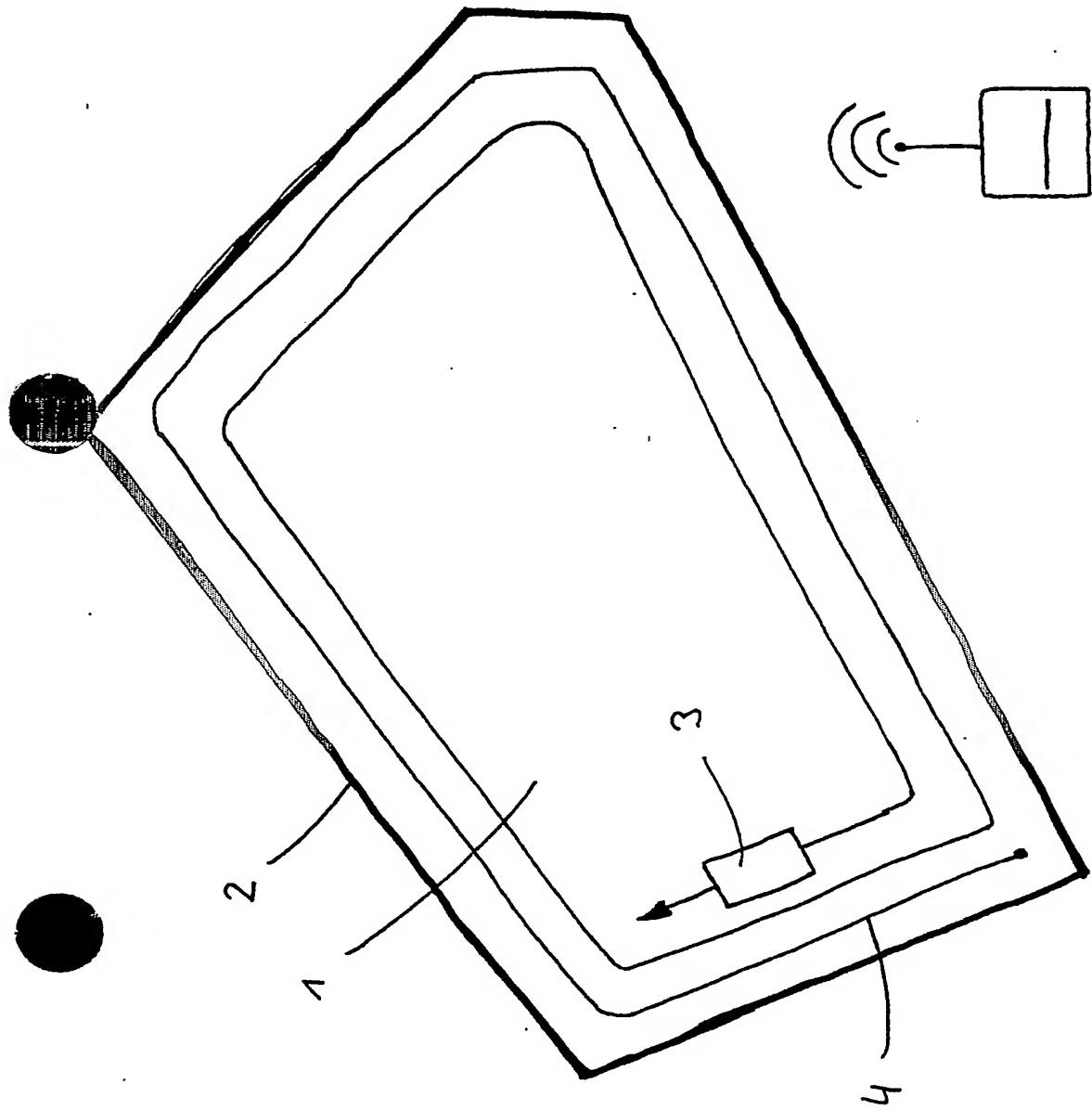
Fig. 5

**Zusammenfassung****System und Verfahren zur  
automatisierten Bodenverdichtung**

Ein Bodenverdichtungssystem weist eine fahr- und lenkbare Bodenverdichtungsvorrichtung (3) sowie eine Steuervorrichtung (5) auf. Die Steuervorrichtung (5) weist eine Flächendefinitionseinrichtung (6) zum Festlegen einer zu verdichten- den Fläche (1) und der zugehörigen Flächengrenzen (2) durch einen Bediener auf. Weiterhin ist eine Positionserfassungseinrichtung (18) zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) vorgesehen. Ein Fahrt- geber (8a; 8b) ändert die Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) derart durch Vorgeben eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdich- tungsvorrichtung (3), dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige Flächengrenze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt fortsetzt. Ergänzend kann eine Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen einer Vorgabe für einen Fahrweg (4) vorgesehen sein, wobei sichergestellt ist, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt. Auf diese Weise wird eine automatische Verdichtung eines Bodens innerhalb einer vom Bediener vordefinierten Fläche (1) ermöglicht.

(Fig. 1)

### Figur für Zusammenfassung



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**